

Innovative Batterie auf der Schiene



Christian Vögtli
Entwicklungsingenieur Batteriesysteme, BFH-CSEM-Zentrum Energiespeicherung, MSc in Elektrotechnik

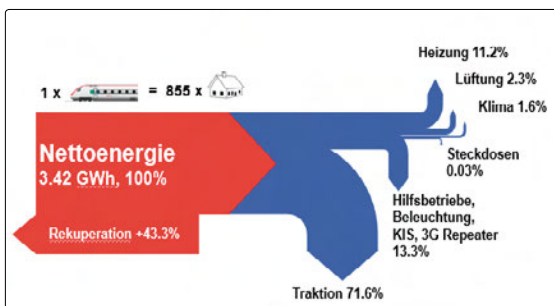


Ueli Kramer
Projektleiter Energiemanagement SBB, MSc in Elektrotechnik

Die SBB hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2025 600 GWh weniger Energie zu verbrauchen. Dazu treibt sie innovative Systemoptimierungen voran. In enger Zusammenarbeit beschäftigt sich dabei das BFH-CSEM-Zentrum Energiespeicherung mit der Neuentwicklung einer Batterie, die in SBB-Passagierfahrzeugen zum Einsatz kommen soll. Im Fokus stehen Gewichts- und Volumenreduktion sowie eine eigene Intelligenz, welche die Lebensdauer erhöht und diese prognostizieren kann.

Was ist das Ziel der Neuentwicklung?

Bis 2025 will die SBB 600 GWh einsparen, was dem Stromverbrauch von 150 000 Haushalten entspricht. Dazu werden in allen Bereichen Massnahmen geprüft und umgesetzt. Ueli Kramer, ehemaliger Masterstudent an der BFH und zuvor beim Solarflieger Solarimpulse für die elektrischen Leistungssysteme zuständig, arbeitet als Projektleiter bei der SBB und treibt im Rahmen des Energiesparprogramms viele dieser Projekte voran. Ein beträchtlicher Teil der Energie im Personenverkehr wird direkt für den Antrieb verwendet. Das Gewicht der Fahrzeuge hat einen grossen Einfluss darauf, weshalb dieses bei allen Systemen zunehmend Beachtung findet. Insgesamt sind auf SBB-Fahrzeugen über 2000 t Bleibatterien im Einsatz, welche täglich über mehrere Hunderttausend Kilometer mittransportiert werden. Dies soll sich künftig ändern. Die aktuell eingesetzte Blei-Technologie wird zudem die Anforderungen an das Batteriesystem bald nicht mehr erfüllen. Neben dem Gewicht sind auch der Platzbedarf, die Lebensdauer sowie eine intelligente Überwachung von zentraler Bedeutung. Eine prädiktive, also vorausschauende Batteriediagnose ermöglicht zudem, dass Batterien nicht mehr vorsorglich, sondern aufgrund effektiver Vorhersagen zur Alterung ausgetauscht werden können.



Energiebilanz eines ICN-Triebzugs: rund 72% entfallen auf die Traktion

Nur mit einer Neuentwicklung können diese Anforderungen erfüllt werden. So initiierte Ueli Kramer Mitte 2014 das Projekt «Neue Batterietechnologie SBB». Dieses wurde je zur Hälfte als Masterarbeit und Auftragsarbeit durch Christian Vögtli am BFH-CSEM-Zentrum Energiespeicherung im Team von Prof. Dr. Andrea Vezzini gestartet.

Ziel des Entwicklungsprojektes ist es, durch Entwicklung, Bau und Test eines Funktionsmusters wertvolle Erfahrungen zu sammeln, um diese für eine öffentliche Neuausschreibung zu verwenden. Das Projekt soll Betreiber und Hersteller dazu motivieren, Alternativen zum heutigen Stand der Technik zu entwickeln.

Wozu Batterien in Eisenbahnfahrzeugen?

Jedes Eisenbahnfahrzeug, ob Reisezugwagen, Triebzug oder Lokomotive, ist mit einer oder mehreren Batterien ausgerüstet. Im sogenannten Bereitschaftsparallelbetrieb speist diese das Bordnetz des Fahrzeugs bei kurzen, regulären Speisungsunterbrüchen auf der Strecke, beim Umspannen in Bahnhöfen oder in Notsituationen. Das Bordnetz versorgt unter anderem die Beleuchtung, Kundeninformationssysteme, Türsteuerungen und sicherheitsrelevante Verbraucher wie die Magnetschiebenbremse oder die Ventilatoren mit Strom.

Was kann die neue Batterie besser?

Die neue Batterie hat einen entscheidenden Vorteil: Sie wurde speziell im Hinblick auf die bahnspezifischen Herausforderungen und Bedürfnisse des Bordnetzes entwickelt und optimiert. Es handelt sich nicht um eine marktübliche Leistungs- oder Traktionsbatterie, die zum Antrieb von Elektrofahrzeugen dient. Die entwickelte Batterie ist also nicht speziell auf eine maximale elektrische Leistungsabgabe getrimmt. Vielmehr ist sie so ausgelegt, dass sie der Anforderung höchster Verfügbarkeit gerecht wird. Sie muss Extrembedingungen wie Temperaturen von bis zu -20°C oder sehr starken Vibrationen standhalten. Das bedeutet insbesondere, dass

Eckdaten	Batterie Status quo	Funktionsmuster BFH
Energieinhalt bei 20 °C (3-h-Entladung)	6.1 kWh	6.5 kWh
Batterie-Nennspannung	36 V (18 Zellen)	35.2 V (11 Zellen)
Zellentechnologie	Blei, wartungsfrei	Lithium-Eisenphosphat
Gewicht	334 kg	110 kg (-67%)
Unterbringung Zellen und BMS	2 Stahltröge, ca. 120 l	1 Stahltrög, ca. 60 l
Lebensdauer	6–8 Jahre (präventiver Ersatz)	<12 Jahre (bedarfsgerechter Ersatz)
Ungefähre Beschaffungskosten	CHF 3000.–	CHF 4500.–
Diagnose, Überwachung, Features	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur, gemessen durch Bordnetzumrichter - Ladung durch Bordnetz vorgegeben 	<ul style="list-style-type: none"> - Zellenüberwachung: Spannung, Temperatur - Stromüberwachung - Halbleiter-Trennschalter - Zellenheizung - Interner Ladekonverter - Sicherheitsrelevantes in redundanter Ausführung

sie unter rauen Bedingungen das Bordnetz unter allen Umständen weiter versorgt, selbst wenn Teile des Batteriemangements ausfallen sollten.

Im normalen Betrieb wird die Batterie nicht stark belastet. Diesen Umstand nützt die Batterie mit mehreren spezifischen Features dazu aus, möglichst langsam zu altern. Die Lebensdauer ist schliesslich jener Parameter, welcher die Batterie ökologisch und wirtschaftlich attraktiv macht.

Im bisherigen System ist die Batterie bei Eisenbahnfahrzeugen jederzeit parallel mit dem Bordnetz verbunden. Dabei ist die Batteriespannung die meiste Zeit auf dem Niveau der Vollladung, was der Lebensdauer je nach Batterietyp abträglich ist. Ein technisches Hauptmerkmal der Neuentwicklung ist ein speziell ansteuerbarer Halbleiterschalter. Dieser kann den Ladungszufluss zur Bat-

terie unterbrechen, wodurch sich die Batteriespannung nach dem Aufladen absenken kann. Gleichzeitig lässt dieser Halbleiterschalter aber sofort und ohne Eingriff der Steuerung den Energiefluss hin zum Bordnetz zu, sollte dieses z. B. bei einem Netunterbruch ausfallen. Durch dieses Feature ist zudem eine saisonabhängige und bedarfsgerechte Ladezustandsregelung möglich. Damit wird die Batterie nur in dem Mass geladen, wie es die Spezifikation für den Notbetrieb erfordert. So wird die Alterung der Zellen zusätzlich verringert. In den warmen Monaten oder wenn die Batterie noch sehr neu ist, reicht ein geringerer Ladezustand völlig aus. Hingegen muss die Batterie für den gleichen Energievorrat bei tiefen Temperaturen oder bei vorgeschrittener Alterung der Batteriezellen nahezu voll aufgeladen werden.

Gerade das Aufladen bei tiefen Temperaturen – nach Anforderung bis zu -20 °C – ist für Lithium-basierte Zellen sehr schädlich. Darum bilden Widerstandheizungen für jede einzelne Zelle und ein in der Batterie integrierter 800-W-DC-DC-Wandler weitere Spezialmerkmale des entwickelten Funktionsmusters. Damit ist eine kontrollierte, verlangsamte und somit schonende Ladung der kalten Batterie möglich, während sie zusätzlich aufgeheizt werden kann.

Aktueller Projektstand und Ausblick

Seit Anfang 2016 wird das Projekt durch das Cleantech-Programm «Demonstrations- und Pilotanlagen» des Bundesamts für Energie (BFE) unterstützt. Im Rahmen dieses Projektes widmen sich die Arbeiten aktuell der Softwareentwicklung, deren Fundament das Echtzeit-Betriebssystem namens FreeRTOS bildet.

In Zusammenarbeit mit innovativen Partnerunternehmen werden Erfahrungen ausgetauscht und im Hardware- und Softwarebereich Optimierungen vorgenommen.

Kontakt

- christian.voegtli@bfh.ch
- Infos: bfh.ch/energy
- ueli.kramer@sbb.ch
- Infos: SBB-Battery-Redesign.cvengineering.ch



Entwicklung und Bau des Funktionsmusters sind im BFH-CSEM-Zentrum Energiespeicherung in Gange.